

ANALISIS KINERJA SOLAR CELL DENGAN SUMBER ENERGI SOLAR SIMULATOR

Fendi Setiyo Pamungkas

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

E-mail : fendipamungkas@gmail.com

Aris Ansori

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

E-mail: arisansori@unesa.ac.id

Abstrak

Krisis energi menjadi permasalahan yang besar yang harus menjadi perhatian khusus oleh dunia khususnya negara Indonesia. Salah satu pemanfaatan energi terbarukan adalah pemanfaatan energi matahari/surya dengan sudut solar simulator menggunakan *solar cell*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui seberapa besar kinerja *Solar Cell* dengan sumber energi solar simulator. Rancangan penelitian ini menggunakan metode eksperimental dimana *solar cell* akan dikontrol menjadi sistem *solar cell* yang mampu mengikuti pergerakan penyinaran lampu. *Solar cell* akan dilengkapi solar simulator agar dapat membaca intensitas cahaya. Teknik analisa data dalam penelitian ini menggunakan analisis data deskriptif yaitu menggambarkan hasil penelitian dalam bentuk tabel dan grafik.

Berdasarkan penelitian ini pada pukul 12.30 diperoleh nilai efisiensi pada *Solar Cell* dengan sudut kemiringan 40° dengan kemiringan solar simulator 110° memiliki tingkat efisiensi sebesar 5.31%. Kemudian pada pukul 12.30 diperoleh nilai efisiensi pada *Solar Cell* dengan sudut kemiringan 50° dengan kemiringan solar simulator 110° memiliki tingkat efisiensi sebesar 5.15%.

Kata kunci : *solar cell*, sumber energi solar simulator, efisiensi *solar cell*.

Abstract

The energy crisis has been a huge problem that becomes the world problem especially Indonesia. A new alternate energy is the most needed solution that can solve it, particularly colecticity energy. An energy utilization is extremely important for the sustainability of human life. One of the energy utilization is solar energy by using solar cell. The purpose of this research is for to know solar cell performance and solar cell efficiency that use a control system with the radiasion of the lights. This research is using experimental methot that the solar cell is controlled by the solar cell system that follow the movement of the lights radioation. The solar cell will be equipped with a simulator so that can read the latensity of the light. The data analysis in this research is descriptive that describe the result in from of table any grafick. From this research, the researcher want to get the ligh value of solar cell performance and solar cell efficiency. Based on this research at 12.30 am, the efficiency value of 40° inclination angle of solar cell with 110° inclination of solar simulator has 5,31% efficiency value of 50° inclination angle of solar cell with 110° inclination has 5,15% efficiency level.

Key words: *Solar Cell, Solar Simulator, Solar Cell Performance, solar Cell efficiency*

PENDAHULUAN

Krisis energi merupakan masalah utama dan sangat di perhatikan di beberapa negara, tidak terkecuali di Indonesia. Banyak krisis energi yang menjadi masalah secara berkelanjutan. Sumber-sumber energi seperti energi fosil yang tidak dapat diperbarui, terus dieksploitasi secara terus menerus.. Sedangkan sisa penggunaan bahan bakar fosil dapat menjadikan pemanasan global dan polusi. Selain dari faktor alam, krisis energi juga mempengaruhi faktor ekonomi di masyarakat.

Kebutuhan energi masyarakat Indonesia terus meningkat seiring dengan pertumbuhan penduduk yang begitu pesat. Kebutuhan energi listrik di indonesia meningkat 67%

selama periode 2011-2035 atau naik menjadi 32.150 TWh pada tahun 2035 dengan pertumbuhan rata-rata sebesar 2,2% per tahun. Sektor industri masih merupakan konsumen listrik terbesar dengan pangsa 41% pada tahun 2035. Kebutuhan listrik sektor rumah tangga tumbuh 2,5% per tahun dan mencapai 9.336 TWh pada tahun 2035. Sedangkan kebutuhan listrik sektor komersial tumbuh lebih lambat, sekitar 1,9% per tahun atau naik menjadi 7.137 TWh pada tahun yang sama. Kebutuhan listrik sektor transportasi pada tahun 2035 akan meningkat dua kali lipat menjadi 734 TWh atau naik rata-rata 3,9% per tahun Outlook Energi Indonesia, (2014).

Salah satu cara untuk mengatasi dan mengantisipasi krisis energi yaitu dengan menggunakan energi alternatif. Energi alternatif merupakan energi yang dapat diperbarui

dan tidak dapat habis. Energi alternatif sendiri dapat dikonversi menjadi pembangkit listrik. Akan tetapi, beberapa pembangkit listrik energi alternatif bergantung pada situasi dan keadaan alam dan bahan bakar. Disini energi alternatif yang digunakan yaitu *solar cell*.

Meskipun *solar cell* merupakan energi alternatif yang baik, *solar cell* memiliki beberapa kekurangan. *Solar cell* dapat menghasilkan listrik apabila intensitas gelombang cahaya yang mengenai *solar cell* dapat terpenuhi. Sehingga bila kondisi cuaca sedang mendung atau saat malam hari, *solar cell* tidak dapat digunakan.

Solusi dari permasalahan tersebut yaitu dengan menggunakan *solar cell* yang ditambahkan dengan sistem kontrol berbasis sensor *Timer*. Agar daya yang diserap oleh *solar cell* dapat dikonversikan menjadi listrik secara maksimal pada saat siang hari. Sistem kontrol berbasis sensor *Timer* ini berfungsi sebagai pelacak keberadaan matahari pada waktu yang telah di tentukan.

Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Andres Rodriguez dan Castellanos, Andana, (2017) sistem *hybrid solar cell* dengan *fuel cell* dapat memenuhi kebutuhan energi walau dengan bahan bakar yang sedikit. Elektrolisis air mengubah air menjadi hidrogen dan disimpan pada tekanan yang rendah. *Fuel cell* bekerja dengan *hidrogen* yang sama, lalu berubah menjadi air yang merupakan limbah elektrolisis, menghasilkan arus listrik, dan dielektrolisis kembali menjadi hidrogen untuk dijadikan bahan bakar dari *fuel cell*.

Menurut Hikmawan (2012), *hybrid power system* antara *photovoltaic* dengan *fuel cell*, bekerja dengan memanfaatkan kelebihan daya yang dihasilkan oleh *photovoltaic* untuk menghasilkan hidrogen, yang nantinya hidrogen ini dapat digunakan oleh *fuel cell* untuk membangkitkan energi listrik jika terdapat kekurangan daya pada sistem.

Menurut Irawan (2016) Desain sistem kontrol solar cell berbasis sensor LDR mampu mendeteksi keberadaan sinar matahari pada pukul 08.00-16.00 sehingga dari pergerakan tersebut mampu menaikkan *efisiensi solar cell*. Komponen pada sistem kontrol *solar cell* sangat bergantung pada penggunaan *variabel* jumlah sensor LDR dikarenakan tanpa adanya sebuah imputan intensitas cahaya pada sensor LDR tidak akan bisa menggerakkan sistem kontrol berbasis sensor LDR. Nilai performa yang di hasilkan *solar cell* pada penelitian ini mengalami peningkatan yang sangat stabil, Terlihat pada penggunaan sensor 6 LDR memiliki nilai efisiensi yang sangat stabil di bandingkan variabel penggunaan sensor 3,4, dan 5. Tapi dari penelitian ini terdapat kelemahan yaitu sensor LDR tidak dapat melacak pergerakan posisi sudut matahari karena masih di lakukan secara manual.

Berdasarkan masalah krisis energi dan untuk menyempurnakan penelitian sebelumnya yaitu Irfan Panca Irawan. Penelitian selanjutnya ingin mengembangkan penggunaan sensor timer untuk melacak pergerakan posisi sudut matahari.

METODE

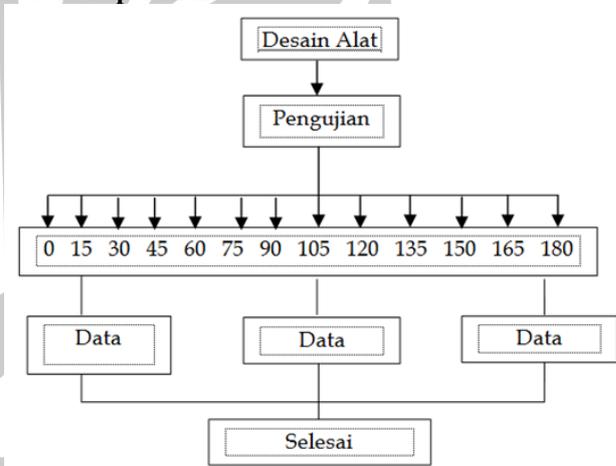
Penelitian analisis sistem kontrol *Solar Cell* dengan sumber energi solar simulator dilakukan di Laboratorium Konversi Energi, gedung A8 lantai 4, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya. Waktu penelitian dilakukan setelah proposal skripsi disetujui pada bulan Juni sampai Juli.

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode penelitian eksperimental (*experimental research*). Kegiatan yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi:

- Perancangan model sistem kontrol *Solar Cell* dengan sumber energi solar simulator.
- Membandingkan variasi perbedaan sudut pergerakan solar simulator pada range 15 menit dengan daya yang di hasilkan *solar cell*.
- Mengambil data sistem kontrol *Solar Cell* dengan sumber energi solar simulator setiap range range 15 menit.

Rancangan penelitian adalah uraian tentang prosedur atau langkah-langkah yang akan dilakukan oleh peneliti guna mengumpulkan dan menganalisa data. Skema rancangan penelitian akan dijelaskan dalam *flowchart* berikut ini.

Desain Eksperimen



Gambar 3.1 Flowchart Rancangan Eksperimen
(Sumber: Dokumentasi Penelitian)

Gambar 3.1 menjelaskan tahap desain alat ini dilakukan berbagai persiapan untuk perencanaan alat-alat yang diperlukan. Dari gambar 3.1 diatas dapat di simpulkan daya yang terendah dan yang tertinggi dari *solar cell*. 3.1 Penyinaran tegak miring dalam sudut 0° - 74° rata-rata daya yang di hasilkan *solar cell* sangat rendah, kemudian penyinaran tegak lurus dalam sudut 75° - 105° rata-rata daya yang di hasilkan *solar cell* maksimal, kemudian penyinaran tegak miring dalam sudut 106° - 180° rata-rata daya yang di hasilkan *solar cell* rendah. Jadi data yang di ambil adalah dari timur kemudian ke barat. Jadi dengan gambar 3.1 di atas dapat di lihat mana yang sangat rendah, rendah dan tertinggi.

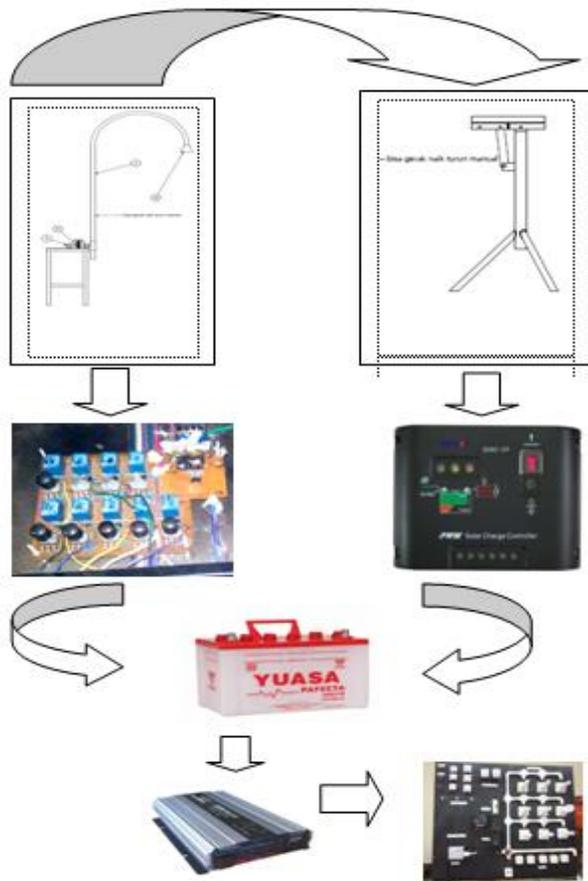
Desain Instrumen Penelitian

Desain Sistem Kontrol *Solar cell*

Desain sistem kontrol *solar cell* yang peneliti buat bertujuan untuk mengoptimalkan penyerapan cahaya buatan pada *solar cell* yang terpasang melalui solar simulator. Sistem kontrol *solar cell* dengan sumber energi solar simulator sesuai dengan pergerakan matahari setiap hari dari timur ke barat.

Sistem kontrol *solar cell* dengan sumber energi solar simulator. Solar simulator yang digunakan adalah Push button switch (saklar tombol tekan) perangkat / saklar sederhana yang berfungsi untuk menghubungkan atau memutuskan aliran arus listrik dengan sistem kerja tekan unlock (tidak mengunci). Kemudian Arduino nano Disebut sebagai papan pengembangan karena board ini memang berfungsi sebagai arena prototyping sirkuit mikrokontroler. Dengan menggunakan Arduino nano maka akan lebih mudah merangkai rangkaian elektronika mikrokontroler dibanding jika harus memulai merakit ATmega328 dari awal di breadboard.

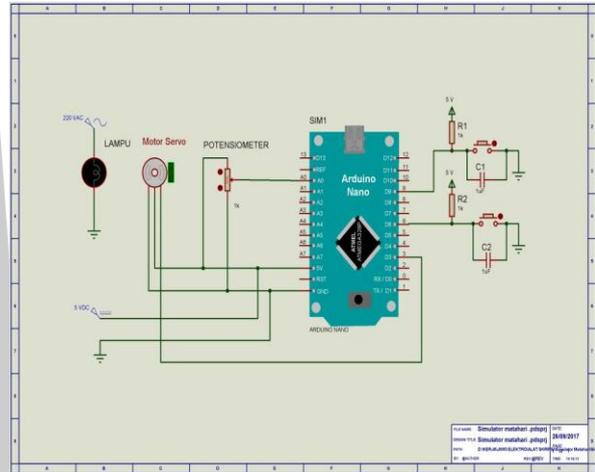
Relay adalah komponen elektronika berupa saklar elektronika yang digerakkan oleh arus listrik. Secara prinsip, relay merupakan tuas saklar dengan lilitan kawat pada batang besi (solenoid) di dekatnya. Siklus pergerakan tersebut akan berulang sebanyak beberapa kali sesuai *range* waktu pengulangan dari solar simulator 15 menit yang dipergunakan mulai dari pukul 08.00 - 16.00.



Gambar 2. Peralatan dan Instrumen Penelitian

Untuk pergerakan pembalik yang terjadi setelah pukul 16.00 untuk langkah kerjanya sebagai berikut. Motor servo adalah sebuah perangkat atau aktuator putar (motor) yang dirancang dengan sistem kontrol umpan balik loop tertutup (servo), sehingga dapat di set-up atau di atur untuk menentukan dan memastikan posisi sudut dari poros output motor. motor servo merupakan perangkat yang terdiri dari motor DC, serangkaian gear, rangkaian kontrol dan potensiometer. Maka motor menggerakkan tiang lampu untuk menyinari *solar cell* dari timur ke barat.

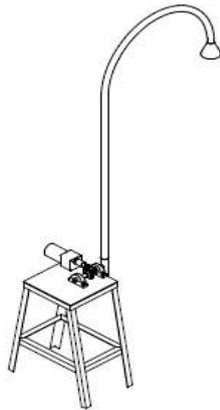
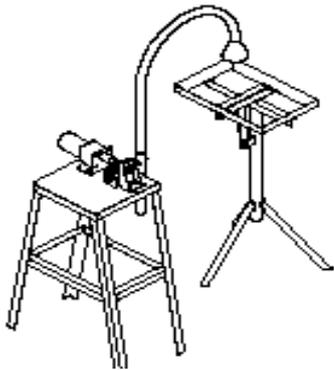
Sistem kontrol *solar cell* dapat ditunjukkan pada gambar 3.2 sebagai berikut :



Gambar 3.Skema Sistem Kontrol *Solar Cell* Terhadap Pergerakan Matahari Dengan Solar Simulator (Dokumentasi Penelitian)

Skema di atas bahwa matahari memegang peranan penting sebagai penentu pergerakan solar simulator dapat dilihat bahwa lampu sebagai inputan intensitas cahaya buatan. Skema diatas juga menjelaskan bahwa sistem kontrol *solar cell* dengan sumber energi solar simulator. Setelah itu *solar cell* akan menghasilkan daya, Selanjutnya daya tersebut dihubungkan dengan *solar charger* agar daya yang masuk di dalam *bateray* dapat dikontrol dan di batasi dan sistem pengisian dalam *bateray* tidak mengalami *over charger*. Pada skema kontrol diatas bisa dikatakan sebagai contoh alat yang menggunakan sistem *control loop* tertutup (*Close Loop*), karena memiliki elemen pembanding antara masukan yang diinginkan dengan hasil keluarannya. Yang menjadi elemen pembanding antara lain *transistor*.

Desain Rangka Solar Simulator



Gambar 4. Desain Rangka Solar Simulator
(Sumber: Dokumentasi Penelitian)

Desain Rangka Solar Cell



Gambar 5. Desain Rangka Solar Cell
(Sumber: Dokumentasi Peneliti)

Gambar 3.6 di atas adalah gambaran mekanik rangka dari solar cell rangka tersebut berbunyi sebagai tempat berdirinya solar cell. Selain itu rangka ini berfungsi sebagai rangka mekanik agar solar cell terposisi menghadap matahari. Pada desain ini horizontal axis dikendalikan oleh sebuah motor hidrolik yang mana motor tersebut berfungsi sebagai aktuator agar supaya solar cell dapat menghadap matahari. Dalam hal ini horizontal axis di gunakan untuk pergerakan matahari secara harian dari pukul 08.00 sampai 16.00 dengan perubahan posisi pada range 30 menit. Sedangkan untuk

vertical axis hanya menggunakan penyetelan secara manual dengan menggunakan mur dan baut vertical axis berfungsi sebagai penyetel pergerakan matahari secara tahunan.

Teknik Pengumpulan Data

Instrumen Penelitian

- Voltmeter
Fungsi : Sebagai pengukur voltase atau tegangan



Gambar 6. Voltmeter
(Sumber: Dokumentasi Penelitian)

- Amperemeter
Fungsi : Sebagai pengukur arus



Gambar 7. Amperemeter
(Sumber: Dokumentasi Penelitian)

- Solar Power Meter
Fungsi : Sebagai pengukur intensitas energi surya



Gambar 8. Solar Power Meter
(Sumber: Dokumentasi Penelitian)

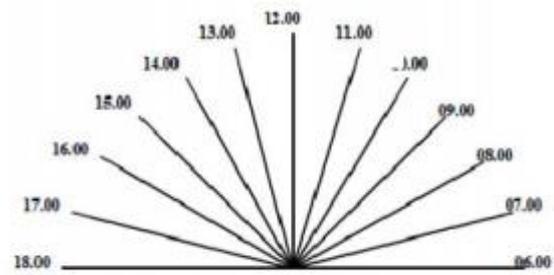
Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data penelitian ini memakai teknik eksperimen, yaitu mengukur dan menguji objek yang akan diteliti dan mencatat data-data yang diperlukan.

Prosedur Pengambilan Data

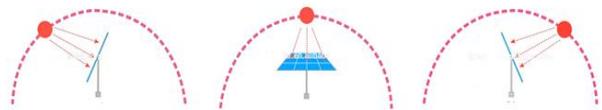
Pengambilan data merupakan suatu proses yang sangat penting dalam mencapai tujuan penelitian dimana parameter yang diukur adalah daya yang dihasilkan dan bagaimana efisiensinya.

- Tahap Persiapan
 - Mendesain model sistem kontrol *solar cell* dengan sumber energi solar simulator.
 - Survei dan belanja perlengkapan dan alat-alat yang akan digunakan.
 - Menyiapkan *instrumen* dan alat ukur.
- Tahap Assembly
 - Memasang lampu di tiang lampu untuk penyiaran pada modul surya.
 - Kalibrasi *solar cell* dengan sumber energi solar simulator.
 - Perakitan tiang lampu untuk penyiaran pada modul surya.
 - Memasang sistem kelistrikan.
- Tahap Percobaan
 - Siapkan *solar cell* dengan sumber energi solar simulator.
 - Ukur arus, voltase keluaran, dan intensitas energi surya dengan menggunakan amperemeter, voltmeter, dan solar power meter tiap 15 menit dari pukul 08.00 s.d. 16.00.



Gambar 9..Posisi Sudut Penyinaran Solar Simulator Terhadap *Solar Cell*

Pada penelitian ini sumbu evolusi bumi atau sumbu *vertical axis ZX* diabaikan dikarenakan pada penelitian ini sistem kontrol solar cell hanya berpusat pada sumbu *horizontal axis* yaitu sumbu *XY*. Sehingga nilai kemiringan pada sumbu *ZX* yaitu 0°. Pengujian ketepatan arah *solar cell* bertujuan untuk mengetahui unjuk kerja dari motor *hidrolog* dan keakuratan panel surya terhadap koordinat matahari. Gambar di bawah ini sebagai penjelasan posisi *solar cell* terhadap sudut kemiringan dari matahari



Gambar 10..Posisi solar cell terhadap sudut kemiringan solar simulator

Teknik Pengambilan Data

Pengambilan data merupakan suatu proses yang sangat penting dalam mencapai tujuan penelitian dimana parameter yang diukur adalah daya yang dihasilkan dan bagaimana efisiensinya. Teknik pengumpulan data penelitian ini memakai teknik eksperimen, yaitu mengukur dan menguji objek yang akan diteliti dan mencatat data-data yang diperlukan.

Data tersebut di peroleh nilai Rencana Hasil penelitian dapat di lihat untuk pengambilan data dilakukan Arus ,Volt, Daya, Intensitas cahaya dan Effisiensi Dari data tersebut dianalisis.

Table 1. Data selisih sudut kemiringan solar cell menggunakan solar simulator dari timur ke barat

Tabel Selisih Sudut Kemiringan Solar Cell Terhadap Kemiringan Solar Simulator				
Timur-Barat				
No	Jam	Sudut Kemiringan Solar Simulator	Sudut Kemiringan Solar Cell	Selisih Kemiringan
1.	08.00	15°	30°	15°
2.	08.15	20°	30°	10°
3.	08.30	25°	30°	5°
4.	08.45	30°	30°	0°
5.	09.00	35°	30°	5°
6.	09.15	40°	30°	10°
7.	09.30	45°	30°	15°
8.	09.45	50°	30°	20°
9.	10.00	55°	30°	25°
10.	10.15	60°	30°	30°
11.	10.30	65°	90°	25°
12.	10.45	70°	90°	20°
13.	11.00	75°	90°	25°
14.	11.15	80°	90°	10°
15.	11.30	85°	90°	5°
16.	11.45	90°	90°	0°
17.	12.00	95°	90°	5°
18.	12.15	100°	90°	10°
19.	12.30	105°	90°	15°
20.	12.45	110°	90°	20°

$$\frac{1^{\circ}}{360^{\circ}} \times (24 \times 60) = 4 \text{ Menit}$$

Dari persamaan di atas maka dapat diketahui bahwa setiap bumi berotasi sebesar 15° bujur akan ditempuh dalam waktu 1 jam.

Timur-Barat				
No	Jam	Sudut Kemiringan Solar Simulator	Sudut Kemiringan Solar Cell	Selisih Kemiringan
21.	13.00	115°	90°	25°
22.	13.15	120°	90°	30°
23.	13.30	125°	150°	25°
24.	13.45	130°	150°	20°
25.	14.00	135°	150°	15°
26.	14.15	140°	150°	10°
27.	14.30	145°	150°	5°
28.	14.45	150°	150°	0°
29.	15.00	155°	150°	5°
30.	15.15	160°	150°	10°
31.	15.30	165°	150°	15°
32.	15.45	170°	150°	20°
33.	16.00	175°	150°	25°
Rata-rata Selisih Kemiringan				

Dari hasil yang didapat pada tabel diatas menunjukkan selisih sudut kemiringan 0° berada pada pukul 8.45 pada masing-masing sudut kemiringan 30° 11.45 pada masing-masing sudut kemiringan 90°, dan 14.45 pada masing-masing sudut kemiringan 150°. Untuk hasil dari selisih sudut kemiringan 30 yang merupakan selisih terbesar didapati pada pukul 10.15 dengan sudut kemiringan *Solar Simulation* 60°, dan *Solar Cell* 30°, pada pukul *Solar Simulator* 120, dan *Solar Cell* 90.

Selisih minimum yaitu 0° pada pukul 08.45, 11.45, dan 14.45 pada posisi ini di pastikan nilai *efisiensi solar cell* akan naik di karenakan posisi solar cell menghadap persis terhadap solar simulator. Sedang akan selisih sudut terbesar yaitu 30° pada pukul 10.15 dan 13.15 pada posisi ini di pastikan nilai efisiensi *solar cell* akan turun di karenakan pada pada saat pukul 11.00 masih berada pada sudut kemiringan 30°. Pada posisi ini di pastikan nilai efisiensi *solar cell* akan mengalami penurunan yang besar di karenakan posisi dari solar cell yang tidak menghadap pada posisi solar simulator.

Tabel 2. Data selisih sudut kemiringan solar cell menggunakan solar simulator dari utara ke selatan

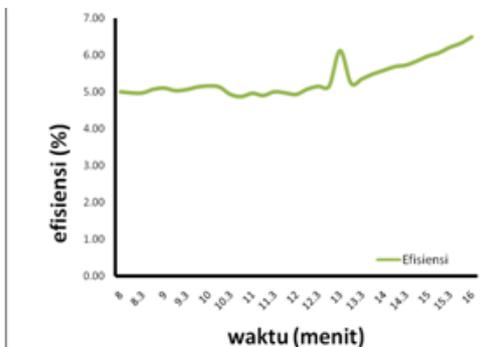
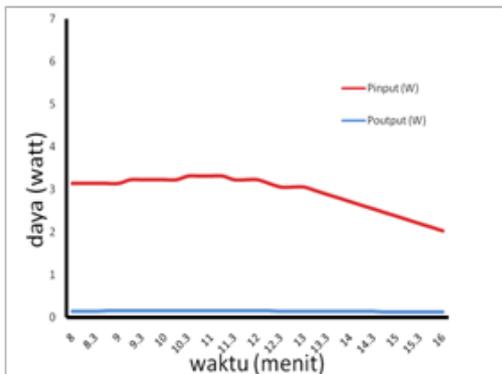
Tabel Selisih Sudut Kemiringan Solar Cell Terhadap Kemiringan Solar Simulator Utara-Selatan				
No	Jam	Sudut Kemiringan Solar Simulator	Sudut Kemiringan Solar Cell	Selisih Kemiringan
1.	08.00	20°	30°	10°
2.	08.15	25°	30°	5°
3.	08.30	30°	30°	0°
4.	08.45	35°	30°	5°
5.	09.00	40°	30°	10°
6.	09.15	45°	30°	15°
7.	09.30	50°	30°	20°
8.	09.45	55°	30°	25°
9.	10.00	60°	30°	30°
10.	10.15	65°	30°	35°

Utara-Selatan				
No	Jam	Sudut Kemiringan Solar Simulator	Sudut Kemiringan Solar Cell	Selisih Kemiringan
11.	10.30	70°	80°	10°
12.	10.45	75°	80°	5°
13.	11.00	80°	80°	0°
14.	11.15	85°	80°	5°
15.	11.30	90°	80°	10°
16.	11.45	95°	80°	15°
17.	12.00	100°	80°	20°
18.	12.15	105°	80°	25°
19.	12.30	110°	80°	30°
20.	12.45	115°	80°	35°
21.	13.00	120°	80°	40°
22.	13.15	125°	80°	45°
23.	13.30	130°	120°	10°
24.	13.45	135°	120°	15°
25.	14.00	140°	120°	20°
26.	14.15	145°	120°	25°
27.	14.30	150°	120°	30°
28.	14.45	155°	120°	35°
29.	15.00	160°	120°	40°
30.	15.15	165°	120°	45°
31.	15.30	170°	120°	50°
32.	15.45	175°	120°	55°
33.	16.00	180°	120°	60°
Rata-rata Selisih Kemiringan				

Hasil yang didapat menunjukkan selisih sudut kemiringan 0° berada pada pukul 08.30 pada masing-masing sudut kemiringan 30°, 11.00 pada masing-masing sudut kemiringan 80°. Untuk hasil dari selisih sudut kemiringan 60 yang merupakan selisih terbesar didapati pada pukul 16.00 dengan sudut kemiringan *Solar Simulation* 180°, dan *Solar Cell* 120°. Selisih terkecil yaitu 0° pada pukul 08.30, dan 11.00 pada posisi ini di pastikan nilai *efisiensi solar cell* akan naik di karenakan posisi solar cell menghadap persis terhadap solar simulator. Sedangkan selisih sudut terbesar yaitu 60° pada pukul 16.00 sehingga pada posisi ini di pastikan nilai efisiensi *solar cell* akan turun di karenakan pada saat pukul 16.00 masih berada pada sudut kemiringan 180°. Pada posisi ini di pasti akan nilai efisiensi *solar cell* akan mengalami penurunan yang besar di karenakan posisi dari *solar cell* yang tidak menghadap pada posisi solar simulator. Pengujian solar simulator dengan menggunakan *solar cell* di hasilkan performa seperti tabel 3.

Tabel 3. Nilai Efisiensi kemiringan solar cell sudut pemasang 40° dengan sudut gerak solar simulator dari timur ke barat.

No	Jam	Sudut Solar Simulator	Volt (V)	Arus (A)	Poutput (W)	Intensitas Cahaya (W/m ²)	Pinput (W)	Efisiensi
1	08.00	20°	7.45	0.02	0.149	37	3.078	4.84%
2	08.15	25°	7.69	0.02	0.1538	38	3.161	4.86%
3	08.30	30°	7.72	0.02	0.1544	37	3.078	5.01%
4	08.45	35°	7.76	0.02	0.1544	37	3.078	5.01%
5	09.00	40°	7.82	0.02	0.1564	37	3.078	5.08%
6	09.15	45°	7.92	0.02	0.1584	37	3.078	5.14%
7	09.30	50°	8.03	0.02	0.1606	37	3.078	5.21%
8	09.45	55°	8.10	0.02	0.162	36	2.995	5.40%
9	10.00	60°	7.80	0.02	0.156	36	2.995	5.20%
10	10.15	65°	7.71	0.02	0.1542	36	2.995	5.14%
11	10.30	70°	7.54	0.02	0.1508	36	2.995	5.03%
12	10.45	75°	7.50	0.02	0.15	36	2.995	5.00%
13	11.00	80°	7.45	0.02	0.149	36	2.995	4.97%
14	11.15	85°	7.50	0.02	0.15	36	2.995	5.00%
15	11.30	90°	7.46	0.02	0.1492	35	2.912	5.12%
16	11.45	95°	7.41	0.02	0.1482	34	2.828	5.24%
17	12.00	100°	7.34	0.02	0.1468	34	2.828	5.19%
18	12.15	105°	7.31	0.02	0.1462	34	2.828	5.16%
19	12.30	110°	7.29	0.02	0.1458	33	2.745	5.31%
20	12.45	115°	7.24	0.02	0.1448	33	2.745	5.27%
21	13.00	120°	7.17	0.02	0.1434	32	2.662	5.38%
22	13.15	125°	6.94	0.02	0.1388	31	2.579	5.38%
23	13.30	130°	6.88	0.02	0.1376	30	2.496	5.51%
24	13.45	135°	6.77	0.02	0.1354	29	2.412	5.61%
25	14.00	140°	6.73	0.02	0.1346	28	2.329	5.77%
26	14.15	145°	6.54	0.02	0.1308	27	2.246	5.82%
27	14.30	150°	6.46	0.02	0.1292	26	2.163	5.97%
28	14.45	155°	6.39	0.02	0.1278	26	2.163	5.90%
29	15.00	160°	6.34	0.02	0.1268	25	2.08	6.09%
30	15.15	165°	6.10	0.02	0.122	24	1.996	6.11%
31	15.30	170°	5.92	0.02	0.1184	23	1.913	6.18%
32	15.45	175°	5.72	0.02	0.1144	21	1.747	6.54%
33	16.00	180°	5.53	0.02	0.1106	20	1.664	6.64%
Rata-Rata Efisiensi								5.43%



Grafik 1. Nilai Efisiensi kemiringan solar cell sudut 40° dengan sudut kemiringan solar simulator dari timur ke barat.

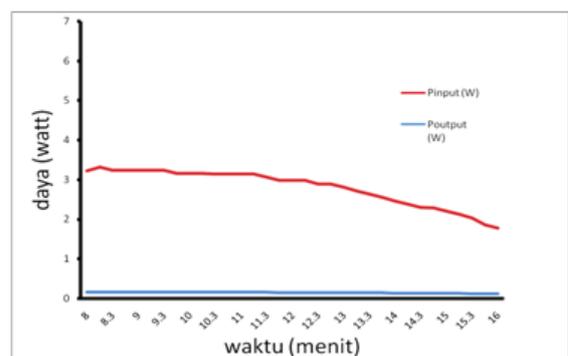
Tabel 3 dan grafik 1 menunjukkan hasil perhitungan efisiensi dari *Solar Cell* dengan sudut kemiringan 40°. Didapatkan dari data bahwa pada *Solar Cell* kemiringan 40° berdasarkan gerak *Solar Simulator* dari arah timur ke barat memiliki intensitas cahaya yang besar pada kisaran

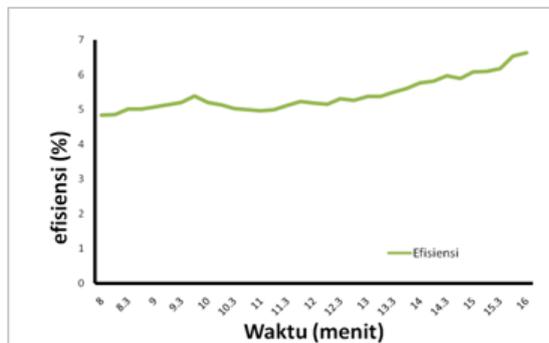
waktu pukul 13.45-16.00 hal ini menunjukkan fenomena besarnya intensitas cahaya yang di terima berdasarkan dari letak dan keselarasan posisi yang hampir sejajar antara *Solar Cell* dengan *Solar Simulator*. Daya Poutput (W) yang dihasilkan pun turut berbanding lurus atau sama dengan persepsi pada intensitas cahaya yang diterima dan sangat berselisih jauh dengan hasil yang di dapat pada pukul 12.00 ke atas.

Hasil ini efisiensi maksimum jatuh pada pukul 16.00 dengan nilai efisiensi 6.64%. Hal ini dikarenakan selisih antara intensitas cahaya yang diterima dibandingkan dengan daya yang dihasilkan tidak berselisih jauh berbeda. Sedangkan untuk waktu-waktu lain, yang memiliki intensitas atau daya hasil yang tinggi memiliki perbandingan yang besar antara intensitas cahaya yang diterima dengan daya yang dihasilkan.

Table 4. Nilai Efisiensi kemiringan solar cell sudut 50° dengan sudut kemiringan solar simulator dari timur ke barat.

No	Jam	Sudut Solar Simulator	Volt (V)	Arus (A)	Poutput (W)	Intensitas Cahaya (W/m ²)	Pinput (W)	Efisiensi
1.	08.00	20°	7.54	0.02	0.150	36	2.995	5.00%
2.	08.15	25°	7.49	0.02	0.149	36	2.995	4.97%
3.	08.30	30°	7.46	0.02	0.149	36	2.995	4.97%
4.	08.45	35°	7.60	0.02	0.152	36	2.995	5.07%
5.	09.00	40°	7.65	0.02	0.153	36	2.995	5.10%
6.	09.15	45°	7.75	0.02	0.155	37	3.078	5.03%
7.	09.30	50°	7.84	0.02	0.156	37	3.078	5.06%
8.	09.45	55°	7.90	0.02	0.158	37	3.078	5.13%
9.	10.00	60°	7.98	0.02	0.159	37	3.078	5.16%
10.	10.15	65°	7.94	0.02	0.158	37	3.078	5.13%
11.	10.30	70°	7.84	0.02	0.156	38	3.161	4.93%
12.	10.45	75°	7.71	0.02	0.154	38	3.161	4.87%
13.	11.00	80°	7.85	0.02	0.157	38	3.161	4.96%
14.	11.15	85°	7.75	0.02	0.155	38	3.161	4.90%
15.	11.30	90°	7.73	0.02	0.154	37	3.078	5.00%
16.	11.45	95°	7.67	0.02	0.153	37	3.078	4.97%
17.	12.00	100°	7.61	0.02	0.152	37	3.078	4.93%
18.	12.15	105°	7.63	0.02	0.152	36	2.995	5.07%
19.	12.30	110°	7.52	0.02	0.150	35	2.912	5.15%
20.	12.45	115°	7.54	0.02	0.150	35	2.912	5.15%
21.	13.00	120°	7.45	0.02	0.149	35	2.912	6.11%
22.	13.15	125°	7.40	0.02	0.148	34	2.828	5.23%
23.	13.30	130°	7.37	0.02	0.147	33	2.745	5.33%
24.	13.45	135°	7.32	0.02	0.146	32	2.662	5.48%
25.	14.00	140°	7.22	0.02	0.144	31	2.579	5.58%
26.	14.15	145°	7.14	0.02	0.142	30	2.496	5.68%
27.	14.30	150°	6.94	0.02	0.138	29	2.412	5.72%
28.	14.45	155°	6.82	0.02	0.136	28	2.329	5.83%
29.	15.00	160°	6.71	0.02	0.134	27	2.246	5.96%
30.	15.15	165°	6.59	0.02	0.131	26	2.163	6.05%
31.	15.30	170°	6.48	0.02	0.129	25	2.08	6.20%
32.	15.45	175°	6.30	0.02	0.126	24	1.996	6.31%
33.	16.00	180°	6.21	0.02	0.124	23	1.913	6.48%
Rata-Rata Efisiensi								5.35%





Grafik 2. Nilai Efisiensi kemiringan *solar cell* sudut 50° dengan sudut kemiringan solar simulator dari timur ke barat.

Data yang dihimpun dari tabel 4 dan grafik 2 tidak memiliki pola hasil yang sama dengan tabel 3. Pada tabel 4 menunjukkan nilai perbandingan antara daya yang dihasilkan dengan intensitas cahaya yang diterima pada waktu awal pukul 13.45-16.00 mendapatkan hasil paling baik diantara hasil-hasil pada waktu yang seterusnya. Nilai efisiensi *solar cell* dengan pengujian solar simulator menunjukkan nilai efisiensi paling tinggi sebesar 6.48% pada sudut solar simulator 180° .

Pinut dan Poutput kemiringan *solar cell* sudut 50° dengan sudut kemiringan solar simulator dari timur ke barat merupakan output daya yang di hasilkan dari voltmeter dan ampermeter. Voltmeter di kalikan ampermeter sehingga menghasilkan nilai output pada *solar cell* dengan kemiringan sudut 50 derajat. Untuk mengetahui nilai efisiensi poutput dibagi dengan pinut dan dikalikan 100 sehingga diketahui pinut dan poutput pada tiap menit perlakuan.

Simpulan

Dari analisis data tersebut pada bab di atas dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Desain *solar cell* yang mengikuti keberadaan sinar matahari pada pukul 08.00-16.00 sehingga dari pergerakan tersebut mampu menaikkan efisiensi solar cell
- Nilai performa yang di hasilkan *solar cell* pada penelitian ini cukup tidak stabil dikarenakan pengaruh cahaya lingkungan sekitar penelitian, untuk lebih jelasnya dapat dilihat di bawah ini:
 - Nilai efisiensi pada *Solar Cell* dengan sudut kemiringan 40° memiliki tingkat efisiensi sebesar 6.64% pada pukul 16.00 dengan sudut kemiringan Solar Simulator 180° .
 - Nilai efisiensi pada *Solar Cell* dengan sudut kemiringan 50° memiliki tingkat efisiensi sebesar 6.48% pada pukul 16.00 dengan sudut kemiringan Solar Simulator 180° .
 - Selisih kemiringan *Solar Cell* bersudut 40° dengan Solar Simulator yaitu 180° .
 - Selisih kemiringan *Solar Cell* bersudut 50° dengan Solar Simulator yaitu 180° .

Saran

Berdasarkan kesimpulan penelitian, maka penulis merekomendasikan berupa saran-saran sebagai berikut :

- Diharapkan penelitian selanjutnya melakukan pengambilan sampel penelitian lebih dari jumlah sampel peneliti, agar mendapatkan data penelitian yang lebih baik.
- Penelitian selanjutnya diharapkan ada pengembangan penambahan permodelan sistem kontrol yang lain agar tercapai nilai efisiensi solar cell yang baik.
- Diharapkan penelitian selanjutnya pada saat proses pengambilan data tidak terpengaruh cahaya disekitar lingkungan jika menggunakan *Solar Simulator* agar mendapat nilai efisiensi *Solar Cell* yang baik

DAFTAR PUSTAKA

- Adhi, Pipit Sakti. 2013. "Miniatur Sistem Solar Cell Berbasis Mikrokontrol PIC16F877". *Journal of Electrical and Electronics*. Vol. 3 (2): hal. 39-53
- Andana, I Wayan Bayu. 2017. Rancangan Bagan Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid Fuel Cell dan Solar Cell dengan Acuan pergerakan Matahari. *Jurnal Teknik Mesin*. Vol. 05 (01): hal 1-8.
- Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT). 2014. *Data Potensi Energi Surya 2014*. Jakarta: BPPT
- Dermanto. 2014. *Desain Sistem Kontrol*. (online). (<http://trikueni-desain-sistem.blogspot.co.id/2014/03/Pengertian-Motor-Servo.html>), diakses 10 Oktober 2017)
- Djukarna. 2015. *Arduino Nano*. (online). (<https://djukarna4arduino.wordpress.com/2015/01/19/arduino-nano/>), diakses 10 Oktober 2017).
- Emery, K. 2013. *Progress in Photovoltaics: Research and Application*, 827-837, (online). (<https://teknologisurya.wordpress.com/dasar-teknologi-sel-surya/sel-surya-performansi/>), diakses 4 Maret 2017)
- Hanafi, Moh. Ainun. 2015. *Sistem Kendali Penjejak Matahari Berbasis RTC (Real Time Clock) dengan 2 DOF (Degree of Freedom) pada Panel Surya*. Tugas akhir tidak diterbitkan. Yogyakarta : Universitas Negeri Yogyakarta
- Hikmawan, Andik. 2012. *Simulasi Hybrid Power System antara Photovoltaic dengan Full Cell Menggunakan Fuzzy Logic Controller*. Skripsi tidak diterbitkan. Jember: Universitas Jember
- Irawan, Irfan Panca. 2016. " Analisis Sistem Kontrol Solar Cell Dengan Acuan Pergerakan Matahari Berbasis Sensor Ldr (Light Dependent Resistor)". *Jurnal Teknik Mesin*. Vol. 4 (03): hal. 419-426.
- Jimustanguitar. 2015. *Arduino Dual 5v Relay Board*. (Online). (<https://www.thingiverse.com/thing:940005>), diakses 10 oktober 2017)
- Yoshitake, Jake 2016. *Solar Tracker*, (online),
- Media, Rifki. 2009. *Bagaimana Cara Kerja Solar Cell ?*, (Online), (<https://rifkymedia.wordpress.com/>), diakses 2 Maret 2017).
- Sugiyono. 2013. *Metode Penelitian Pendidikan*. Bandung: Alfabeta.